

УДК 378.1

ТЕХНОЛОГИЯ УВЕРЕННЫХ СУЖДЕНИЙ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ

© 2024 г. В. В. Малышев^{a, *}, С. А. Пиявский^{b, **}

^aМосковский авиационный институт (научно-исследовательский университет), Москва, Россия

^bСамарский филиал Московского педагогического университета, Самара, Россия

*e-mail: veniaminmalyshev@mail.ru

**e-mail: spiyav@mail.ru

Поступила в редакцию 15.07.2023 г.

После доработки 25.09.2023 г.

Принята к публикации 02.10.2023 г.

Стремительная цифровизация всех сторон жизни общества приводит к кардинальным изменениям в сфере образования. Для того чтобы в этих условиях формировать и реализовывать принципиально новые методы образования и методики обучения, необходимо применять современные наукоемкие методы подготовки и принятия сложных решений, в частности активно работать с информацией, представляемой не только в числовых, количественных, но и в порядковых шкалах типа "лучше — хуже", "более важные — менее важные". С этих позиций используется предложенный авторами метод уверенных суждений лица, принимающего решение. Показано, что его применение при отборе наиболее достойных абитуриентов для продолжения образования в высшей школе расширит полномочия вузов, позволит более точно учесть индивидуальные особенности и предпочтения школьников и их родителей. В рамках целостной системы выявления и многолетнего развития творчески одаренной молодежи в сфере науки и техники этот метод позволяет создать объективный измеритель (творческий рейтинг) для всесторонней оценки степени творческого роста каждого молодого исследователя, а также научно управляемую систему поддержки его направляемого развития. В результате в организации научной деятельности вуза появится целостная система оптимального планирования деятельности его институтов, исходящая из целевых ориентиров и общей стратегии развития вуза и в то же время учитывающая специфические особенности общей удовлетворенности трудом коллектива каждого института.

Ключевые слова: принятие решений, метод уверенного суждения, система образования, числовые, порядковые шкалы, интегральная система, творческий рейтинг, научная деятельность, оптимальное планирование

DOI: 10.31857/S0002338824040062 EDN: UEFMUE

TECHNOLOGY OF CONFIDENT JUDGMENT WHEN DECISION MAKING IN THE EDUCATION SYSTEM

V. V. Malyshev^{a, *}, S. A. Piyavsky^{b, **}

^aMoscow aviation institute (scientific research university), Moscow

^bSamara branch of Moscow pedagogical university, city Samara

*e-mail: vemiaminmalyshev@mail.ru

**e-mail: spiyavsky@mail.ru

The rapid digitalization of all aspects of society is leading to fundamental changes in the field of education. In order to form and implement fundamentally new methods of education and teaching, it is necessary to use modern knowledge-intensive methods of preparing and making complex decisions, in particular, to actively work with information presented not only in numerical, quantitative, but also in ordinal scales such as "better worse", "more important — less important". From these positions, the article uses the method proposed by the authors confident judgments of the decision maker. It is shown that its use in selecting the most worthy applicants to continue their education in higher education will expand the powers of universities and will more accurately take into account the individual characteristics and preferences of schoolchildren and their parents;

when used within the framework of an integral system for identifying and long-term development of creatively gifted youth in the field of science and technology, it will make it possible to create an objective meter (creative rating) for a comprehensive assessment of the degree of creative growth of each young researcher and create on this basis a scientifically managed system for supporting his guided development; in the organization of scientific activities of a university, an integral system of optimal planning of the activities of its institutes will appear, based on target guidelines and the general development strategy of the university and at the same time taking into account the specific features of the general satisfaction with the work of the staff of each institute.

Keywords: decision making, confident judgment method, education system, numerical, ordinal scales, integral system, creative rating, scientific activities, optimal planning

Введение. Стремительная цифровизация всех сторон жизни общества приводит к кардинальным изменениям таких социальных процессов, которые, казалось бы, прочно устоялись в течение многих столетий. Так, сфера образования с XVI – XVII вв. до последнего времени твердо держалась на трех китах: классно-урочной системе, диктате обучающего над обучающимся, разделении сфер общего образования, высшего образования, производства. Это давало возможность упорядочивать, систематизировать и формализовать весьма сложные явления, упрощая их и подгоняя под простые, но надежно действующие схемы. Сегодня же процесс образования все более индивидуализируется, обучаемый все раньше становится более субъектным, различные сферы человеческой деятельности все более тесно взаимодействуют и пересекаются с образовательной сферой. Система становится слабоформализуемой, ее уже нельзя "обстрогать" под простые схемы. Для того чтобы в этих условиях формировать и реализовывать принципиально новые методы образования и методики обучения, всем акторам образовательной среды приходится использовать более совершенные и наукоемкие методы подготовки и принятия сложных решений, причем, в частности работать с информацией, представляемой не только в числовых, количественных, но и в порядковых шкалах типа "лучше – хуже", "более важные – менее важные". Проблема при этом состоит в том, что существующий мощный аппарат математического моделирования и оптимизации сложных решений и лежащих в их основе закономерностей базируется на количественных, а не порядковых шкалах, и потому не может быть использован напрямую. Следовательно, необходимо применение надежно обоснованных, но в то же время достаточно понятных для понимания не имеющих специальной подготовки пользователей, методов, которые позволяли бы решить эту проблему.

В статье предлагаются некоторые возможные направления совершенствования отдельных образовательных систем с помощью двух подобных методов: нового метода уверенных суждений (МУС) лица, принимающего решение (ЛПР) и менее обоснованного и удобного в применении, но зато имеющего более чем полустолетнюю историю использования метода аналитической иерархии (метод АНР, analytic hierarchy process).

1. О решении проблемы применения порядковых шкал в сфере образования. Наиболее значимым примером рассматриваемой проблемы является многокритериальная оценка эффективности принимаемых сложных решений. Необходимость использования не единственного, а нескольких частных критериев эффективности отражает разнообразие и различную ценность как отдельных составляющих принимаемого решения, так и последствий его реализации. Однако даже в том случае, когда значения частных критериев могут быть выражены в допускающих точную оценку количественных шкалах, напрямую сопоставить их сравнительную значимость в стремлении построить на их основе единственную комплексную количественную оценку ожидаемой эффективности решения невозможно. Это может сделать только ЛПР (или коллегиальный орган), который в силу своих полномочий является носителем максимально полного и потому неформализуемого представления о целостном назначении и возможных последствиях принимаемого решения. Именно это его понимание в конечном счете должно отразиться в алгоритме расчета комплексного показателя эффективности решения в зависимости от значений частных критериев.

В подавляющем большинстве случаев такой алгоритм прост и состоит в следующем. Пусть $f_j(y_i)$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$, – значение j -го частного критерия для варианта решения y_i из множества рассматриваемых вариантов решения Y , $y_i \in Y$. Будем считать, что значения критериев пронормированы по каждому из них в пределах их значений на множестве Y , например от нуля до единицы, и приведены к единому желаемому направлению оптимизации – на минимум (т.е. представлены в виде относительных потерь) или на максимум (представлены в виде относительных выигрышей).

Тогда комплексная эффективность $F(y_i)$ каждого варианта решения рассчитывается как средневзвешенная сумма значений его частных критериев:

$$F(y_i) = \sum_{j=1}^m \pm_j f_j(y_i), \quad i = \overline{1, n},$$

$$\pm_j \geq 0, \quad j = \overline{1, m}, \quad \sum_{j=1}^m \pm_j = 1.$$

Здесь весовые коэффициенты, т.е. коэффициенты сравнительной важности частных критериев, отражают их относительный "вклад" в оценку общей эффективности варианта решения. Интегрирующая функция ЛПР состоит в том, чтобы в конечном результате его действий появились количественные значения этих коэффициентов, что позволит в дальнейшем использовать для глубокой проработки вариантов решений весь мощный аппарат количественной математики.

Но человек, за исключением, может быть, профессиональных математиков, в своих раздумьях не мыслит в количественных шкалах, поэтому ЛПР не может "напрямую" уверенно задать числовые значения коэффициентов сравнительной важности частных критериев. Зачастую ЛПР уходит от этой обязанности, перекадывая ее на коллектив привлеченных экспертов, а затем принимая их согласованные в результате некоторой процедуры значения коэффициентов. Однако такой путь нельзя считать плодотворным, поскольку переместить в головы экспертов уникальное СВОЕ НЕФОРМАЛИЗУЕМОЕ понимание всей ситуации, в которой происходит выработка решения, ЛПР не может по определению самого его статуса. Поэтому хотя советы экспертов, безусловно, полезны, процедуру формирования значений коэффициентов сравнительной важности частных критериев ЛПР должен выполнить самостоятельно, тем более, что современные математические методы поддержки принятия решений предлагают ему инструментарий, облегчающий эту деятельность.

Человек имеет возможность производить сравнительную оценку любых объектов, однако не в количественных, а в порядковых шкалах типа "лучше – хуже – намного хуже" и т.п. Эта оценка субъективна, т.е. несет на себе "отпечаток" конкретного производящего ее человека, однако ЛПР, по сути своих полномочий, именно и обязан производить свою, субъективную, оценку. После того, как эта оценка выражена ЛПР, стоит задача сформулировать некоторые достаточно естественные (несущие на себе в минимальной степени "отпечаток" индивидуальности предложившего их человека) гипотезы и построить на их основе уже чисто математическим путем алгоритма, переводящий оценки, выраженные в порядковой шкале, в их количественные эквиваленты – искомые коэффициенты сравнительной важности частных критериев.

Одним из наиболее плодотворных подходов к такому преобразованию порядковой информации в числовую является предложенный Т. Саати (1926–2017 гг.) в 70–80-х годах прошлого века метод АНР [1–4]. Базовой частью этого метода является аргументированный переход от сравнительной оценки некоторых объектов с помощью порядковой шкалы к их сравнительной оценке по числовой шкале, т.е. к замене порядковых оценок их количественными эквивалентами.

Поясним основную идею метода АНР на следующем примере. Рассмотрим 5-уровневую порядковую шкалу:

<Уровень 1, Уровень 2, ..., Уровень 5>,

например, при сравнении превосходства одного объекта над другим:

<равное, умеренное, существенное, большое, очень большое>.

Относительно ее уровней известно лишь, что оценка некоторого объекта в этой порядковой шкале уровнем с большим номером означает большую его предпочтительность по сравнению с объектом, оцененным по этой шкале уровнем с меньшим номером. Используем метод АНР для того, чтобы обоснованно (в соответствии с аксиомами метода АНР) заменить порядковые оценки объектов их количественными эквивалентами, что даст возможность в дальнейшем использовать для исследования этих объектов аппарат количественной математики.

Для этого построим табл. 1. В столбцах 2–6 таблицы отразим отношение предпочтения при попарном сравнении между собой уровней исходной порядковой шкалы, перечислен-

ных в столбце 1. При этом будем пользоваться вместо названия уровня его количественным эквивалентом из стандартной табл. 2, являющейся основной аксиоматической частью метода АНР. Заполнение столбца 2 табл. 1 очевидно. Также очевидно, что по главной диагонали столбцов 3–6 табл. 1 будут стоять единицы. Несомненно, и заполнение ячеек табл. 1, расположенных ниже главной диагонали, а симметричные им ячейки, которые находятся выше главной диагонали, заполним обратными им значениями: если, например, в исходной ячейке табл. 1 стоит 3, то в симметричную ей ячейку внесем значение 0.333 (это еще одна аксиома метода АНР). В столбце 7 рассчитаем среднее геометрическое значений столбцов 2–6 (третья аксиома метода). Значения столбца 7 пронормируем так, чтобы в зависимости от решаемой задачи либо их сумма была равна единице (столбец 8, вариант А), либо единице был равен количественный эквивалент наивысшего уровня порядковой шкалы (столбец 9, вариант Б). Полученные результаты и есть искомые количественные эквиваленты уровней исходной порядковой шкалы.

Таблица 1. Пример использования метода АНР для расчета количественных эквивалентов уровней 5-уровневой порядковой шкалы

Уровень порядковой шкалы	1	2	3	4	5	Среднее геометри- ческое	Количественный эквивалент	
							А	Б
1	1	0.333	0.2	0.143	0.111	0.254	0.033	0.065
2	3	1	0.333	0.2	0.143	0.491	0.064	0.125
3	5	3	1	0.333	0.2	1	0.13	0.254
4	7	5	3	1	0.333	2.036	0.263	0.517
5	9	7	5	3	1	3.936	0.51	1
Сумма						7.717	1	—

Таблица 2. Шкала относительной важности в методе АНР (по [4])

Уровень важности	Количественное значение
Равная важность	1
Умеренное превосходство	3
Существенное или сильное превосходство	5
Значительное (большое) превосходство	7
Очень большое превосходство	9

Метод АНР позволяет решать значительно более широкий круг задач, чем рассмотренная в приведенном примере, однако алгоритм их решения структурно одинаков. При использовании этого метода функция ЛПР состоит в том, чтобы на основании своего целостного понимания ситуации принятия решения попарно сравнить между собой частные критерии эффективности принимаемого решения по их важности для комплексной оценки этого решения и выразить свою оценку в терминах порядковой шкалы, указанной в первом столбце 1 табл. 2. Всю остальную работу по получению количественной комплексной оценки эффективности различных рассматриваемых вариантов решения выполняют математика и компьютер.

Единственным осложняющим фактором при этом является трудоемкость такой оценки для ЛПР. На практике, в том числе и в сфере образования, возникают задачи с достаточно большим количеством частных критериев. Например, в Самарской областной системе мер по выявлению, развитию и вовлечению в инновационную деятельность творчески одаренной молодежи в сфере науки и техники, успешно функционирующей с 2015 г., для оценки на-

учно-исследовательских работ используются 15 частных критериев. Чтобы воспользоваться методом АНР, ЛПР (научному руководству этой системы) необходимо было бы провести $15 \times 14 / 2 = 105$ попарных сравнений важности частных критериев и, возможно, изменить их для каждой из 20 секций, а впоследствии, в зависимости от уровня развития каждого участника системы, для каждого из них – индивидуально. Вызывает сомнения сама неизбежность выполнения такого огромного количества парных сравнений, которая вытекает не из объективной необходимости, а из субъективной гипотезы, положенной в основу метода его автором.

Эта проблема успешно решается с помощью другой гипотезы, положенной в основу, идейно близкого к АНР метода, также направленного на преобразование порядковых шкал в количественные – МУС [5, 6].

Основная гипотеза метода МУС более естественна и проста, чем в методе АНР. Она состоит в следующем. ЛПР вместо попарного сравнения критериев относит каждый из них к одной из немногих стандартных групп критериев различной важности, например, "важные", "более важные", "наиболее важные" и т.п. Если частные критерии отнесены ЛПР к различным группам важности, то равно допустимыми могут быть любые количественные сочетания коэффициентов сравнительной важности этих критериев, лишь бы выполнялось естественное условие: если группа важности, к которой ЛПР отнесен частный критерий А, ниже, чем та группа, к которой им отнесен частный критерий Б, то значение количественного коэффициента важности критерия А должно быть меньше, чем критерия Б, а если критерии А и Б отнесены ЛПР к одной и той же группе важности, то их количественные коэффициенты сравнительной важности должны быть одинаковы. Исходя из этой гипотезы, в методе МУС автоматически формируется (полностью или с точной оценкой степени полноты) набор любых допустимых в соответствии с ней сочетаний значений количественных коэффициентов важности частных критериев, такой, что сумма значений равна единице. Обозначим: k – количество элементов этого набора, $q = \overline{1, k}$ – номер текущего элемента набора, $\pm_j^q$, $q = \overline{1, k}$, $j = \overline{1, m}$, – количественные значения коэффициентов важности критериев в этом наборе. Их будем рассматривать как количественные эквиваленты номеров уровней сравнительной важности критериев в этом наборе.

Среднее арифметическое по всему набору этих значений, рассчитанное по каждому критерию для всех элементов набора, принимается за искомые количественные коэффициенты важности критериев, отвечающие их сравнительной важности, указанной ЛПР:

$$\pm_j = \frac{1}{k} \sum_{q=1}^k \pm_j^q, \quad j = \overline{1, m}.$$

Соответствующий расчет в каждой задаче можно осуществить в компьютере простейшим методом статистических испытаний или сразу получить из универсальных таблиц, рассчитанных по строгим математическим алгоритмам [7, 8]. Для пояснения приведем пример такого расчета. Пусть рассматривается случай задачи принятия решения с тремя частными критериями, в которой ЛПР указано, что первый критерий более важен с позиций комплексной оценки эффективности решения, чем каждый из двух остальных.

В табл. 3 показаны допустимые сочетания числовых коэффициентов сравнительной важности этих критериев, равномерно с шагом 0.1 представляющие все бесконечное множество таких допустимых сочетаний. Сумма этих коэффициентов в каждом сочетании, естественно, равна единице. В предпоследней строке табл. 3 показаны средние значения этих коэффициентов, которые в соответствии с методом МУС принимаются за количественные эквиваленты групп сравнительной важности критериев в рассматриваемом примере. Они несколько отличаются от показанных в последней строке табл. 3 точных значений, взятых из универсальных таблиц Приложения к биографии [6], в которой они носят название универсальных коэффициентов важности (УКВ) критериев. Отличие объясняется тем, что перебор допустимых вариантов сочетаний значений коэффициентов, представленный в табл. 3, производился с шагом 0.1, что не полностью покрывает все возможное множество допустимых сочетаний значений этих коэффициентов. Результат будет тем точнее, чем меньшим будет шаг перебора.

Отметим, что для пользователя, применяющего метод МУС при решении своей конкретной задачи, нет надобности производить подобные расчеты, поскольку заранее рассчитаны соответствующие таблицы, приведенные в [6], которые содержат количественные значения коэффициентов сравнительной важности критериев для любого конкретного их распределения по уровням порядковой шкалы важности.

Для примера в табл. 4 приведены значения количественных эквивалентов групп коэффициентов важности критериев для множества, включающего четыре сравниваемых объекта. Ниж-

Таблица 3. Перечень допустимых сочетаний коэффициентов важности для трех критериев, удовлетворяющих условию, что критерии 1 важнее, чем каждый из критериев 2 и 3

Номер сочетания	Коэффициент важности критерия		
	1	2	3
1	0.4	0.4	0.2
2	0.4	0.3	0.3
3	0.4	0.2	0.4
4	0.5	0.5	0
5	0.5	0.4	0.1
6	0.5	0.3	0.2
7	0.5	0.2	0.3
8	0.5	0.1	0.4
9	0.5	0	0.5
10	0.6	0.4	0
11	0.6	0.3	0.1
12	0.6	0.2	0.2
13	0.6	0.1	0.3
14	0.6	0	0.4
15	0.7	0.3	0
16	0.7	0.2	0.1
17	0.7	0.1	0.2
18	0.7	0	0.3
19	0.8	0	0.2
20	0.8	0.1	0.1
21	0.8	0.2	0
22	0.9	0	0.1
23	0.9	0.1	0
24	1	0	0
Среднее значение коэффициентов	0.633	0.183	0.183
Стандартное значение количественных эквивалентов групп важности критериев	0.611	0.194	0.194

няя строчка табл. 4 отвечает задаче, в которой все четыре объекта имеют различную важность, а предпоследняя – задаче, в которой два объекта наиболее важны (третий уровень важности В3), один – менее важен (второй уровень важности В2), и один – еще менее важен (уровень важности В1). В четырех столбцах слева показано всевозможное распределение объектов по группам важности, а в правой группе столбцов – соответствующие количественные коэффициенты сравнительной важности объектов (заметим, что сумма произведений этих коэффициентов, умноженная на количество соответствующих им объектов, всегда равна единице).

Сводные таблицы, отвечающие возможным вариантам распределения до 10 критериев при использовании двух и трех групп сравнительной важности представлены в конце настоящей статьи.

Итак, при использовании метода МУС функция ЛПР состоит в том, чтобы на основании своего понимания ситуации принятия решения выбрать количество групп важности, позво-

Таблица 4. Количественные эквиваленты групп сравнительной важности от 2 до 4 критериев различной важности

Число частных критериев	Количество критериев в каждой группе важности								УКВ критериев	
	Группа важности критериев									
	B1	B2	B1	B1	B1	B1	B3	B4		
2	2				0.5					
	1	1			0.25	0.75				
	3				0.333					
3	2	1			0.194	0.611				
	1	2			0.111	0.444				
	1	1	1		0.111	0.278	0.611			
4	4				0.25					
	3	1			0.16	0.521				
	2	2			0.104	0.396				
	1	3			0.063	0.313				
	2	1	1		0.104	0.271	0.521			
	1	2	1		0.063	0.208	0.521			
	1	1	2		0.063	0.146	0.396			
	1	1	1	1	0.063	0.146	0.271	0.521		

ляющее ему выразить свое неформальное понимание ситуации принятия решения, а затем отнести каждый частный критерий эффективности решения к одной из этих групп – нужные количественные значения коэффициентов относительной важности частных критериев ЛПР найдет в стандартных ранее рассчитанных таблицах или легко получит в компьютере.

2. Иллюстративный пример и сравнение методов АНР и МУС. Пусть принимается решение о зачислении одного из шести абитуриентов на вакантное место в вуз и учитывается, что оценка абитуриента по математике, с учетом специфика направления обучения, важнее (группа важности B2), чем по физике или русскому языку (группы важности B1). В строках 5–10 и столбцах 2–5 табл. 5 указаны исходные сведения об абитуриентах. Для принятия хорошо аргументированного решения необходимо для каждого абитуриента обоснованно рассчитать количественный показатель – вступительный балл, комплексно оценивающий его успешность в обучении в школе и учитывающий предпочтение, высказанное ЛПР.

Использование для решения этой задачи метода АНР показано в табл. 6, где отражены результат попарного сравнения частных критериев в соответствии с мнением ЛПР и дальнейшая математическая обработка по описанной выше методике АНР. Рассчитанные в ней искомые коэффициенты сравнительной важности частных критериев приведены в последнем столбце табл. 6 и перенесены во вторую строку табл. 5.

Аналогичные им коэффициенты из метода МУС просто берутся из ранее составленных универсальных таблиц, в данном примере – из табл. 4 (строка 3). В последних двух столбцах табл. 4 показаны конечные результаты решения примера обоими методами – средний вступительный балл, который рассчитывается как линейная свертка частных критериев с весовыми коэффициентами, рассчитанными каждым из методов.

Как видим, несмотря на различные базовые гипотезы, в иллюстративном примере методы АНР и МУС дают весьма близкие результаты. Однако это имеет место лишь при небольшом числе критериев, а для двух критериев различной важности шкалы результаты вообще совпадают: 0.75 и 0.25. В табл. 7, 8 приведены значения количественных эквивалентов 5- и 10-уровневых порядковых шкал, рассчитанные обоими методами. Видно, что различие возрастает с увеличением количества уровней порядковой шкалы. Это имеет в реальных задачах большое значение.

Таблица 5. Иллюстративный пример зачисления в вуз

Номер строки	Частные критерии	Балл ЕГЭ			Средний вступительный балл по	
		Математика	Физика	Русский язык	АНР	МУС
1	Группы важности по МУС	B2	B1	B1		
2	Коэффициент важности по АНР	0.600	0.200	0.200		
3	Коэффициент важности по МУС	0.611	0.194	0.194		
4	Абитуриенты					
5	A1	91	71	68	82.40	82.57
6	A2	89	63	75	81.00	81.15
7	A3	57	82	77	66.00	65.67
8	A4	81	89	52	76.80	76.85
9	A5	83	85	62	79.20	79.23
10	A6	74	78	70	74.00	73.93

Таблица 6. Расчет коэффициентов сравнительной важности критериев в иллюстративном примере АНР

Критерий (балл ЕГЭ)	Балл ЕГЭ			Среднее геометрическое	Коэффициенты сравнительной важности критериев
	Математика	Физика	Русский язык		
Математика	1	3	3	2.080	0.600
Физика	0.333	1	1	0.693	0.200
Русский язык	0.333	1	1	0.693	0.200
Сумма				3.466	1

Таблица 7. Количественные эквиваленты уровней 5-уровневой (5-балльной) порядковой шкалы в методах АНР и МУС

Уровень порядковой шкалы	Числовой эквивалент уровня		Отношение МУС/АНР
	АНР	МУС	
0	0	0	—
1	0.065	0.085	1.32
2	0.125	0.193	1.55
3	0.254	0.337	1.33
4	0.517	0.557	1.08
5	1.000	1.000	1

Таблица 8. Количественные эквиваленты 10 уровней (10-балльной) порядковой шкалы в методах АНР и МУС

Уровень порядковой шкалы	Числовой эквивалент		Отношение МУС/АНР
	АНР	МУС	
0	0	0	—
1	0.017	0.034	1.98
2	0.026	0.072	2.79
3	0.040	0.115	2.85
4	0.064	0.164	2.55
5	0.089	0.220	2.47
6	0.147	0.289	1.97
7	0.241	0.374	1.55
8	0.393	0.488	1.24
9	0.634	0.659	1.04
10	1.000	1.000	1

Проведем сравнение обоих методов по важнейшей характеристике: их аргументированности, т.е. по степени доверия у ЛПР и возможных заинтересованных лиц к базовым гипотезам. Одна гипотеза — использование линейной свертки — у обоих гипотез общая и практически общепринятая. Кроме нее, метод МУС содержит лишь одну гипотезу, описанную выше и вполне естественную: при равновероятных оценках некоторой величины принимать за ее значение среднее арифметическое этих оценок.

Метод же АНР включает четыре дополнительные гипотезы. Первая из них — это стандартная табл. 1, вторая — использование среднего геометрического попарных сравнительных оценок важности критериев. При 3, 4 критериях достоинством метода АНР является возможность более "дробного" попарного сравнения важности частных критериев по сравнению с их отношением к различным группам важности в методе МУС. Однако с увеличим числа частных критериев это достоинство обращается в недостаток. Так, например, при использовании 15 критериев, как это происходит в Самарском областном конкурсе исследовательских работ учащихся [9], для расчета объективно обоснованных коэффициентов важности отдельных критериев было бы необходимо сравнить (обсудив!) между собой $15 \times 14 / 2 = 105$ пар критериев, что нереально. С позиций аргументируемого решения перед заинтересованными лицами этот недостаток является решающим, так как осмыслить результаты столь масштабного попарного сравнения и тем более проверить значения полученных коэффициентов для специально не подготовленного пользователя практически невозможно.

Неоспоримым же преимуществом метода МУС будет именно легкость получения готовых значений коэффициентов сравнительной важности критериев из стандартных таблиц, как только высказано мнение ЛПР об их сравнительной важности в порядковых шкалах, причем понять это мнение и его аргументацию может любой человек.

С учетом сказанного считаем предпочтительным метод МУС и в настоящей статье будем использовать именно его.

3. Возможности применения метода МУС при зачислении в вуз. Рассмотрим на примере порядка зачисления в вуз, насколько использование современных гибких и хорошо аргументируемых методов принятия решений способно повысить эффективность образовательной системы.

В основе существующей системы зачисления в вуз лежит простой метод, основанный на учете результатов по 100-балльной шкале ЕГЭ (единый государственный экзамен) по трем дисциплинам (например, математика, физика, русский язык) с небольшой добавкой за успехи во внеучебной деятельности (в целом до 10 баллов). Право вуза, содержательно заинтересованного в отборе наиболее перспективных студентов из числа абитуриентов, сведено к смехотворному распределению возможных дополнительных 10 баллов по видам внеучебной

деятельности. Рассмотрим, насколько более эффективной может стать эта система при использовании одного из хорошо аргументируемых методов принятия решений МУС.

П р и м е р 1 (учет приоритетности дисциплин). Ученый совет вуза получает от учредителя право устанавливать различную степень важности перечисленных выше четырех составляющих вступительного балла абитуриента для математического и физического факультетов (табл. 9). Аргументированность отнесения различных направлений деятельности к группам важности обосновывается для каждого факультета в правилах приема в вуз, а соответствующие коэффициенты важности – отсылкой к методу МУС, который может быть без труда хорошо освоен учителями, учениками и их родителями в школе в самом начале подготовки к ЕГЭ. В нашем примере помимо предпочтения "титულიной" дисциплины демонстрируем возможное различие во взглядах членов советов математического и физического факультетов.

Таблица 9. Установленные Ученым советом вуза приоритеты учета различных направлений успешности абитуриента в школе (пример 1)

Факультет	Балл ЕГЭ			Дополнительный балл, пересчитанный к 100-балльной шкале
	Математика	Физика	Русский язык	
Группа важности по решению Ученого совета вуза				
Математический	B4	B3	B2	B1
Физический	B2	B3	B1	B1
Коэффициент сравнительной важности (по методу МУС)				
Математический	0.521	0.271	0.146	0.063
Физический	0.271	0.521	0.104	0.104

В табл. 10, 11 показаны результат расчета вступительного балла для условных шести абитуриентов, из которых в вуз могут быть зачислены только три имеющих более высокий вступительный балл. При этом в табл. 11 во избежание двойного учета сравнительной важности дополнительный балл абитуриента будет увеличен в 10 раз для того, чтобы быть измеренным в той же шкале максимально возможных результатов деятельности абитуриента по различным направлениям, что и результаты его учебной деятельности.

Таблица 10. Зачисление в вуз по традиционной схеме

Абитуриент	Балл ЕГЭ			Дополнительный балл	Вступительный балл	Номер в списке на зачисление
	Математика	Физика	Русский язык			
	91	71	68			
A2	89	63	75	4	231	3
A3	57	82	77	6	222	6
A4	81	89	52	4	226	5
A5	83	85	62	3	233	1–2
A6	74	78	70	7	229	4

В рассматриваемом примере демонстрируется положительный эффект, который может принести предлагаемое изменение правил приема. Если при традиционных правилах, подав свои документы на оба факультета, в вуз были бы зачислены только трое: A1, A2, A5, причем не был бы зачислен даже A4, имеющий наивысший балл по физике, то при измененных правилах – пятеро: все, кроме A3.

П р и м е р 2 (учет успешности абитуриента по дополнительным дисциплинам). Рассмотрим более полную возможность повысить гибкость отбора абитуриентов при зачислении

Таблица 11. Зачисление в вуз при праве вуза устанавливать приоритеты различных направлений деятельности абитуриента в школе

Абитуриент	Балл ЕГЭ			Дополнительный балл	Вступительный балл на математический факультет	Номер в списке на зачисление	Вступительный балл на физический факультет	Номер в списке на зачисление
	Математика	Физика	Русский язык					
A2	89	63	75	40	76.912	3	68.902	6
A3	57	82	77	60	66.941	6	72.417	4
A4	81	89	52	40	76.432	4	77.888	1
A5	83	85	62	30	77.22	2	76.346	2
A6	74	78	70	70	74.322	5	75.252	3

в вуз. Представим, что вуз имеет право учесть, помимо перечисленных четырех предметов, дополнительно представленные абитуриентом, по его желанию, результаты ЕГЭ по информатике и химии.

В этом случае Ученый совет вуза, опираясь на мнения советов отдельных факультетов, определяет сравнительную важность успешности деятельности абитуриента уже в четырех вариантах, в зависимости от представленных им дополнительных документов (табл. 12). Обратим внимание на то, что вступительный балл при использовании различного комплекса документов рассчитывается по-разному, однако все результаты характеризуют абитуриента в единой шкале. Поэтому при проведении конкурса на зачисление правильным будет использовать максимальный балл, рассчитанный по представленным документам. Следовательно, школьнику, заблаговременно задумывающемуся о поступлении в такой вуз, необходимо решить, какой состав документов ему целесообразно представить. Если он полагает, оценивая свои способности и интересы, что дополнительно включенные дисциплины охарактеризуют его более высоко, он будет готовиться и сдавать по ним ЕГЭ, в противном случае он не использует эту возможность. В табл. 12–15 приведены исходные данные и результаты соответствующих расчетов.

Таблица 12. Установленные Ученым советом вуза приоритеты учета различных направлений успешности абитуриента в школе (пример 2)

Вариант комплекта документов	Балл ЕГЭ			Дополнительный балл	Балл ЕГЭ	
	Математика	Физика	Русский язык		Информатика	Химия
Группа важности по решению Ученого совета вуза						
Математический факультет						
M1	B4	B3	B2	B1	—	—
M2	B4	B3	B2	B1	B3	—
M3	B4	B3	B2	B1	—	B2
M4	B4	B2	B1	B1	B3	B2
Физический факультет						
Ф1	B2	B3	B1	B1	—	—
Ф2	B2	B3	B1	B1	B2	—
Ф3	B2	B3	B1	B1	—	B2
Ф4	B3	B4	B1	B2	B3	B2

Таблица 13. Коэффициенты учета результатов ЕГЭ по отдельным дисциплинам, установленные Ученым советом вуза

Вариант комплекта документов	Балл ЕГЭ			Дополнительный балл	Балл ЕГЭ	
	Математика	Физика	Русский язык		Информатика	Химия
Коэффициент сравнительной важности (по МУС)						
Математический факультет						
М1	0.521	0.271	0.146	0.063	0	0
М2	0.46	0.206	0.089	0.039	0.206	0
М3	0.46	0.256	0.122	0.039	0	0.122
М4	0.417	0.128	0.043	0.043	0.242	0.128
Физический факультет						
Ф1	0.271	0.521	0.104	0.104	0	0
Ф2	0.206	0.46	0.064	0.064	0.206	0
Ф3	0.206	0.46	0.064	0.064	0	0.206
Ф4	0.199	0.417	0.026	0.079	0.199	0.079

Таблица 14. Расчет вступительного балла для зачисления на математический факультет

Абитуриент	Балл ЕГЭ						Вариант				Вступительный балл (максимальный из вариантов)
	Математика	Физика	Русский язык	Дополнительный балл	Информатика	Химия	М1	М2	М3	М4	
A1	91	71	68	30	—	—	78.47	—	—	—	78.47
A2	89	63	75	40	97	—	76.91	82.07	—	—	82.07
A3	57	82	77	60	—	90	66.94	—	69.89	—	69.89
A4	81	89	52	40	97	99	76.43	81.73	79.98	85.18	85.18
A5	83	85	62	30	—	83	77.22	—	78.82	—	78.82
A6	74	78	70	70	99	74	74.32	79.47	74.26	80.25	80.25

Таблица 15. Расчет вступительного балла для зачисления физический факультет

Абитуриент	Балл ЕГЭ						Вариант				Вступительный балл
	Математика	Физика	Русский язык	Дополнительный балл	Информатика	Химия	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	
A1	91	71	68	30	—	—	71.84	—	—	—	71.84
A2	89	63	75	40	97	—	68.90	74.59	—	—	74.59
A3	57	82	77	60	—	90	72.42	—	76.71	—	76.71
A4	81	89	52	40	97	99	77.89	83.46	83.84	84.81	84.81
A5	83	85	62	30	—	83	76.35	—	79.22	—	79.22
A6	74	78	70	70	99	74	75.25	80.49	75.24	80.13	80.49

В табл. 12 показаны результаты решения Ученого совета. Теперь каждый абитуриент, планируя поступление в вуз, может определить, насколько целесообразно ему представлять свои результаты в расширенных вариантах. Из табл. 12, используя универсальные таблицы коэффициентов важности метода МУС, легко определяются коэффициенты сравнительной важности соответствующих критериев при расчете средневзвешенного вступительного балла абитуриента. Результаты приведены в табл. 13.

В приемной комиссии каждому абитуриенту по поданным им документам автоматически вычисляется вступительный балл (см. табл. 13), по которому и проводится зачисление (табл. 14, 15). При этом рассчитываются варианты по всем комбинациям поданных абитуриентом документов и в качестве входного балла берется наибольший из баллов, полученных по этим вариантам. Другими словами, в любом случае учитывается вариант 1 (обязательный комплект документов), и если подаются результаты ЕГЭ по информатике и/или по химии, то учитываются и остальные варианты.

Предлагаемое в рассматриваемом примере изменение правил приема в вуз имеет ряд преимуществ перед существующей системой.

Во-первых, при нем существенно расширяются возможности наиболее успешной и активной части школьной молодежи, а именно в таких студентах заинтересованы и вузы, и государство. У них появляется свобода выбора тех дисциплин, к которым они имеют интерес или чувствуют особую склонность, и этот выбор закрепляется тем, что способствует поступлению в вуз.

Во-вторых, появление в вузе студентов с более широким спектром интересов и возможностей стимулирует их привлечение к проведению вначале студенческих, а затем и серьезных междисциплинарных научных исследований, что впоследствии создает предпосылки для формирования в вузах междисциплинарных научных школ с крепким молодежным резервом.

4. Возможности применения метода МУС при выявлении и развитии творчески одаренной научной молодежи. В вузы ежегодно приходит большое количество творчески мотивированных абитуриентов, успешно попробовавших свои силы в проектно-исследовательской деятельности, предусмотренной действующим Федеральным образовательным стандартом в качестве одного из обязательных компонентов обучения. Многие из них уже в школе выполнили учебно-исследовательские работы, получившие высокую оценку на различных конференциях и конкурсах молодежных научно-исследовательских работ регионального, российского и международного масштаба. Вовлечение после поступления в вуз в научно-исследовательскую деятельность кафедр является закономерным продолжением их творческого развития. В условиях расширяющейся информатизации общества работа по выявлению одаренных в научной сфере школьников и студентов и целенаправленному развитию их способностей должна приобрести систематический, свободный от территориальных и ведомственных барьеров характер.

В связи с этим общепринятое понимание учебно-исследовательской деятельности должно быть соответствующим образом развито. Традиционно оно описывается следующим образом (например, [10]).

Учебно-исследовательская деятельность – это "такая форма организации учебно-воспитательной работы, которая связана с решением учениками творческой, исследовательской задачи с заранее неизвестными результатами и предполагающая наличие основных этапов, характерных для научного исследования: постановка проблемы, изучение теории, посвященной данной проблематике, подбор методик исследования и практическое овладение ими, сбор собственного материала, его анализ и обобщение, научный комментарий, собственные выводы".

Представляется, что в реалиях современного информационного общества для наиболее мотивированной и потенциально творчески одаренной молодежи в сфере науки и техники – это определение является узким и не раскрывает весь потенциал ее дальнейшего развития. Для этой категории молодых исследователей предлагаем заменить понятие "учебно-исследовательская деятельность" на более широкое понятие "продвинутая учебно-исследовательская деятельность".

Продвинутая учебно-исследовательская деятельность представляет собой форму системной, ориентированной на ряд лет организационной и научно-направляемой самостоятельной деятельности мотивированного школьника или студента, которая:

направлена на удовлетворение его познавательных интеллектуальных и связанных с ними иных потребностей и эффективное развитие своего творческого потенциала;

поддерживается специально организованной единой развивающей научно-образовательной средой в рамках вуза, региона, отрасли, страны;

связана с последовательным решением исследовательских задач с заранее неизвестными результатами, возрастающей новизной, актуальностью и сложностью;

предполагает научно-обоснованную унифицированную оценку как развивающего эффекта, так и научной значимости этой деятельности.

Одним из хорошо знакомых авторам прообразов развивающей научно-образовательной среды, направленной на реализацию продвинутой учебно-исследовательской деятельности, выступает успешно функционирующая с 2015 г. Самарская областная система мер по выявлению, развитию и вовлечению в инновационную деятельность творчески одаренной молодежи в сфере науки, техники и технологий (ЕСМ, единая самарская система мер). Ее Концепция [11, 12] устанавливает ряд принципов построения, основанных на теории управляемого развития творческих способностей молодежи [13] и учитывающих первоочередные направления развития Самарской области, ее высокий научно-технический потенциал, накопленный опыт координации работы с творчески одаренной научной молодежью, в том числе с использованием телекоммуникационных технологий и интеллектуальных информационных систем:

поэтапность формирования;

координация и интеграция действующих механизмов работы с творчески одаренной молодежью на платформе персонального мониторинга ее развития;

развивающая продуктивная деятельность творчески одаренной молодежи;

индивидуальное научное руководство исследованиями и воодушевляющая перспективная тематика;

многолетнее целенаправленное дифференцированное индивидуальное управление развитием творчески одаренной молодежи;

базовая развивающая программа и индивидуальные планы развития молодых исследователей;

формирование положительных ценностных ориентиров молодежи.

Идея концепции состоит в том, что инфокоммуникационные технологии территориально, информационно и статусно существенно сближают город и деревню, сферы среднего и высшего образования, обучения и труда. В сфере творческого развития появляются качественно новые возможности реализации концепции "зон ближайшего развития" (по Виготскому), в которых в качестве наставников (научных консультантов при наличии научных руководителей) для школьников выступают преподаватели из вузов, а для студентов – ученые и творческие специалисты из сферы труда. Такое объединение полезно не только для молодых исследователей, но и для их научных руководителей, поскольку за счет их поверхностного, зато необременительного, взаимодействия с научными консультантами существенно повышается уровень "интеллектуализации" и перспективности как руководимых ими исследований, так и используемых при этом интеллектуальных и материальных инструментов.

Наряду с привычными для учебно-исследовательской деятельности парами "ученик + учитель" ($У + У$) и "студент – преподаватель" ($С + П$) в ЕСМ появились в качестве предпочитаемых им элементов тройки $У + У + К$ "ученик – учитель – консультант" и $С + П + К$ "студент – преподаватель – консультант", а также разновозрастные исследовательские коллективы (типа студенческих конструкторских бюро и научных кружков при кафедрах), ведущие исследования по тематике (не обязательно оплачиваемой), предложенной и консультируемой заинтересованными организациями – лидерами научно-технического прогресса. Причем коммуникационная составляющая ЕСМ позволяет (пока, к сожалению, в небольшом числе случаев) рекомендовать эту схему как для городских, так и для сельских школьников.

Вторая идея состоит в том, что необходимо обеспечить высокий развивающий уровень выполняемых из года в год молодыми участниками ЕСМ исследовательских работ, чтобы их деятельность при всем, возможно, практически полезном ее эффекте не была в творческом отношении "топтанием на месте" или совершенствованием чисто ремесленных (в широком и благородном понимании этого термина) навыков. Для этого при всем разнообразии научно-технических направлений и индивидуального содержания выполняемых исследований развивающий эффект должен ежегодно объективно оцениваться и измеряться для каждого молодого исследователя в единообразной творческой шкале с тем, чтобы при планировании его ближайших исследований и после их завершения, и у него, и у его наставников, и у организаторов ЕСМ была четкая количественная оценка того, насколько возрос его творческий уровень. Средством для решения этой задачи стал ежегодный Объединенный губернский конкурс исследовательских работ, на котором работы объективно оценивались бы слепым методом двумя высококвалифицированными экспертами по единой научно обоснованной систем частных критериев и на этой основе рассчитывался бы творческий рейтинг самой работы, а далее с учетом ряда дополнительных факторов и психологических особенностей – структура

творческих компетенций творческий профиль и творческий рейтинг автора в интересующих его сферах будущей профессиональной деятельности. Эти понятия будут далее в статье рассмотрены более подробно.

Третья идея состоит в том, что с учетом первых двух идей нелепо ограничиваться простой констатацией того, как складывается развитие молодого исследователя, не пытаясь дать ему и его наставникам инструмент, позволяющий моделировать ожидаемые последствия различных вариантов планируемой деятельности с тем, чтобы спланировать ее оптимальным образом. При этом и им, и организаторам ЕСМ должно быть понятно, что в столь тонкой сфере, как творческое развитие одаренной личности, ожидать от подобного моделирования прецизионной точности невозможно, однако это не причина не пытаться воспользоваться, в консультационном плане, тем, что предлагает в этом направлении современная наука. Фигурально говоря, хоть стрелка простенького наручного компаса дрожит, лучше воспользоваться им, чем просто наугад бродить по незнакомому лесу. Поэтому составной частью ЕСМ является консультационное научно-методическое обеспечение деятельности всех участников этой системы.

Целостная реализация описанных идей организуется на единой платформе интеллектуальной инфокоммуникационной системы ИИС АСТРА (<https://vzlet.asurso.ru/>).

Все функционирование ЕСМ, связанное с измерением динамики развития творческих способностей, мониторингом и мягким управлением развивающей деятельностью всех акторов системы построено на использовании метода МУС.

Прежде всего это связано с количественной оценкой текущего уровня творческих способностей. Они представляют собой, в частности, степень сформированности у молодого исследователя следующих основных исследовательских функций:

- 1) поиск проблемы,
- 2) постановка (осознание) темы исследования,
- 3) формирование ключевой идеи и плана решения проблемы,
- 4) выбор, освоение и реализация необходимого обеспечения,
- 5) реализация отдельных элементов исследования,
- 6) синтез решения,
- 7) оформление решения,
- 8) ввод в научный обиход, защита и сопровождение решения,
- 9) внутренний критический анализ решения.

Степень развития исследовательских функций проявляется в выполненной молодым исследователем работе, конечно с учетом степени его самостоятельности. Это вытекает из определения одаренности, сформулированного коллективом авторитетных российских психологов в [13]: "Одаренность – это системное, развивающееся в течение жизни качество психики, которое определяет возможность достижения человеком более высоких, незаурядных результатов в одном или нескольких видах деятельности по сравнению с другими людьми".

Отсюда следует, что наиболее достоверный и естественный способ оценки одаренности личности – оценка выполненной работы как результата ее деятельности. В ЕСМ работа оценивается объективными экспертами на региональном конкурсе по специально разработанной многоплановой системе критериев (табл. 16).

Таблица 16. Система критериев оценки молодых ученых

Критерий оценки НИР	Группа важности	Коэффициент сравнительной важности (округленно)
1. Тип результатов (насколько они носят исследовательский характер)	3	0.137
2. Результаты являются частью НИР руководителя, научной группы кафедры, вуза	2	0.042
3. Результаты относятся к перспективному направлению науки, техники. технологий	1	0.008
4. Направлена (подготовлена) публикация в научной печати	1	0.008
5. Результаты внедрены или подготовлены к внедрению в сторонних организациях	2	0.042
6. Представлен глубокий обзор научной проблематики	2	0.042

Окончание таблицы 16

Критерий оценки НИР	Группа важности	Коэффициент сравнительной важности (округленно)
7. Используются теоретические методы (математические, понятийный аппарат социально-гуманитарного научного познания)	3	0.137
8. Получены новые научные результаты	3	0.137
9. Имеются собственные оригинальные идеи участника	2	0.042
10. Имеется глубокий анализ литературы (по авторам и времени)	2	0.042
11. Используются/разработаны специальные технологии проведения исследований	2	0.042
12. Масштабность предполагаемых последствий полной реализации работы	3	0.137
13. Масштабность проведенного исследования	3	0.137
14. Качество оформления представленных результатов	2	0.042
15. Качество доклада и ответов на вопросы при защите работы	1	0.008
Сумма		1.003

Эксперты оценивают каждый критерий по расшифровывающей его 5-уровневой порядковой шкале, примеры которой для двух критериев приведены в табл. 17. Уровни шкалы соотнесены с последовательными этапами функционального развития молодого исследователя в соответствующем критерию направлении. Таким образом, оценка по этой системе критериев последовательно выполняемых молодым исследователем работ позволяет структурно оценить прогресс в его развитии. Для количественной же оценки степени прогрессирования автора работ снова используется метод МУС. В столбцах 2 и 3 табл. 16 представлено распределение критериев по группам важности (в творческом отношении) и показаны соответствующие весовые коэффициенты оценок каждого критерия в комплексном творческом рейтинге.

Таблица 17. Шкала оценки первых двух критериев

Характеристика частного результата и его структурные уровни
1. Тип результатов
0. Не носят исследовательского характера
1. Носят исследовательский характер, т.е. получен результат, который был неочевиден до ее выполнения
2. Кроме 1, автор сопоставляет полученный им результат с известными аналогичными результатами
3. Кроме 2, знает по литературе о научных школах соответствующего направления
4. Кроме 3, работа содержит выдвижение собственных новых идей
5. Кроме 4, предложена новая формализованная постановка задачи
2. Результаты являются частью НИР руководителя, научной группы кафедры, вуза
0. Не являются
1. Связаны с НИР руководителя
2. Связаны с НИР разновозрастного исследовательского коллектива, в который входит автор
3. Результаты использованы в публикациях в научной печати с указанием фамилии автора и научного руководителя
4. Автор является оплачиваемым участником ведущихся исследовательских работ
5. Автор является оплачиваемым участником работ по грантам РФФИ или отраслевым программам

Метод МУС также позволяет на основе оценок многоплановой системы критериев рассчитать текущий творческий рейтинг автора, демонстрируемый выполненной им работой. При этом в качестве критериев следует использовать все 9 показателей, упомянутые ранее при оценке степени сформированности у молодого исследователя основных исследовательских функций. Была разработана табл. 18, отражающая сравнительную значимость отдельных составляющих исследовательской квалификации автора для творческого уровня выполненной им работы. На ее основе автоматически создана аналогичная таблица, в которой названия групп важности критериев в каждом столбце заменены их количественными эквивалентами из метода МУС. После этого степень сформированности различных компонентов исследовательской функциональной квалификации рассчитывается как средневзвешенная сумма оценок различных критериев. Аналогичным образом вводится поправка, которая учитывает степень самостоятельности молодого исследователя при выполнении работы.

Таблица 18. Сравнительная значимость отдельных составляющих исследовательской квалификации автора НИР (В1 — отчасти влияет, В2 — влияет, В3 — значительно влияет)

Частные критерии оценки НИР	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Тип результатов	В3	В2	В3	В1		В1		В1	В2
2. Результаты являются частью НИР руководителя, научной группы кафедры, вуза	В1	В1		В2	В1	В3	В1	В2	
3. Результаты относятся к перспективному направлению науки, техники, технологий	В2	В1	В3	В1	В1			В2	
4. Направлена (подготовлена) публикация в научной печати	В1		В1			В1	В2	В3	
5. Результаты внедрены или подготовлены к внедрению в сторонних организациях	В1		В1			В1	В2	В3	
6. Представлен глубокий обзор научной проблематики	В3	В2		В1				В1	
7. Используются теоретические методы (математические, понятийный аппарат социально-гуманитарного научного познания)		В2	В3	В3	В2	В1			
8. Получены новые научные результаты	В2	В3	В3	В2	В1	В2		В1	В3
9. Имеются собственные оригинальные идеи участника	В2	В1	В3	В1	В3	В2			В1
10. Имеется глубокий анализ литературы (по авторам и времени)				В3	В2		В1		
11. Используются/разработаны специальные технологии проведения исследований			В2	В1	В3	В3			В2
12. Масштабность предполагаемых последствий полной реализации работы	В1	В1	В2		В1		В2		В3
13. Масштабность проведенного исследования		В2			В1		В2		В3
14. Качество оформления представленных результатов							В3	В2	
15. Качество доклада и ответов на вопросы при защите работы							В2	В3	

5. Возможности применения метода МУС при оценке и оптимальном планировании научной деятельности вуза. Покажем на условном примере возможности повышения эффективности оценки и планирования результатов научной деятельности подразделений вуза благодаря использованию метода МУС.

П р и м е р 3 (оценка эффективности научной деятельности институтов вуза). Будем рассматривать условный вуз, состоящий из пяти институтов, результаты научной деятельности которых показаны в табл. 19. Для простоты ограничимся лишь семью показателями:

подготовленные и защищенные докторские диссертации (Д),
подготовленные и защищенные кандидатские диссертаций (К),
опубликованные статьи (С),
подготовленные и опубликованные учебники и монографии (М),
зарегистрированные программы и программное обеспечение (ПО),
полученные патенты (П),
объем научно-исследовательских работ, млн руб. (НИР).

Таблица 19. Результаты научной деятельности институтов вуза в году

Институт	Вид результатов научной деятельности						
	Д	К	С	М	ПО	П	НИР
1	2	3	4	5	6	7	8
И1	1	2	230	7	10	1	730
И2	1	7	140	9	15	5	260
И3	0	8	250	11	15	6	210
И4	2	3	230	9	7	2	110
И5	1	4	400	4	5	1	120
Всего по вузу	5	24	1250	40	52	15	1430

Эти же результаты представлены в относительной шкале как доля общих результатов вуза в табл. 20 (строки 2–8).

Таблица 20. Относительные результаты научной деятельности институтов и варианты оценки эффективности их научной деятельности

Институт	Относительный вклад институтов в различные виды результатов научной деятельности							Общий вклад института	Место при сравнении	Средне-взвешенный вклад института	Место при средне-взвешенной оценке
	Д	К	С	М	ПО	П	НИР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
И1	0.200	0.083	0.184	0.175	0.192	0.067	0.510	1.412	3	0.253	1
И2	0.200	0.292	0.112	0.225	0.288	0.333	0.182	1.632	2	0.213	2-3
И3	0.000	0.333	0.200	0.275	0.288	0.400	0.147	1.644	1	0.180	4
И4	0.400	0.125	0.184	0.225	0.135	0.133	0.077	1.279	4	0.213	2-3
И5	0.200	0.167	0.320	0.100	0.096	0.067	0.084	1.033	5	0.139	5
Сумма	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	—	—	—	—
Уровни сравнительной важности	3	2	2	3	1	2	3	—	—	—	—
Количественные эквиваленты уровней	0.255	0.071	0.071	0.255	0.02	0.071	0.255	—	—	—	—

При традиционной схеме оценки сравнительной эффективности научной деятельности институтов сравнительная "ценность" различных видов результатов научной деятельности принимается одинаковой. В этом случае комплексно оценить общий вклад института по всем видам деятельности можно по сумме его относительных вкладов в различные виды деятельности. Соответствующие значения приведены в столбце 10 табл. 20. Тогда места институтов по этому комплексному показателю определяются, как показано в столбце 10 табл. 20.

Однако с учетом стратегии развития вуза и его положения в социуме разные виды научных результатов все-таки имеют различную "ценность", и защищенная докторская диссертация ценится больше, чем опубликованная научная статья. Невозможно указать, насколько "больше" в количественном выражении, но это легко сделать, используя порядковую шкалу "больше – меньше". Соответственно руководство вуза путем коллективного обсуждения на Ученом совете вуза имеет возможность установить стратегические направления развития вуза в виде сравнительной важности для него получения различных видов научных результатов.

В рассматриваемом примере для этого выбрана трехуровневая порядковая шкала сравнительной оценки видов научных результатов:

<1 – обычные, 2 – важные, 3 – наиболее важные>.

Принятая стратегия развития условного вуза показана в этой шкале в предпоследней строке табл. 20. В последней строке таблицы приведены количественные эквиваленты этих приоритетов. Они соответствуют распределению семи видов НИР по группам возрастающей важности по схеме $7 = 1, 3, 3$, т.е. из семи направлений одно отнесено к обычной группе важности, три – к более важной группе и еще три – к наиболее важной группе. Соответствующие количественные эквиваленты этих уровней при такой схеме сравнительной важности равны соответственно 0.02; 0.071; 0.255.

В этом случае комплексная оценка сравнительной эффективности научной деятельности институтов вуза будет рассчитываться как средневзвешенная сумма его относительных вкладов в отдельные виды результатов научной деятельности с весами, показанными в последней строке табл. 20. Результаты представлены в столбцах 11–12 этой таблицы. Как видим, места институтов при учете соответствия ценности различных результатов научной деятельности принятой стратегии развития института существенно поменялись, а следовательно, поменялась вся стратегия ориентации коллективов институтов на основные направления научной деятельности и методика стимулирования их усилий.

Заметим, что необходимо при сравнении эффективности институтов учесть численность коллективов институтов, усилиями которых были достигнуты результаты. Чем ниже численность коллектива, которым был достигнут результат, тем, очевидно, выше его заслуга. Для того чтобы учесть этот фактор (и для дальнейшего использования в настоящей статье), необходимо включить в рассмотрение трудовой потенциал институтов, отражающий их трудовые затраты на получение результатов. Сделаем его упрощенный расчет, отталкиваясь от нормативов нагрузки второй половины дня, принятой при планировании учебно-педагогической нагрузки во многих вузах. Для иллюстрации примем условные значения трудоемкости получения различных видов результатов научной деятельности, содержащиеся в табл. 21.

Таблица 21. Условные нормативы трудоемкости отдельных результатов научной деятельности

Результат научной деятельности	Д	К	С	М	ПО	П	НИР
Единица измерения	1	1	1	1	1	1	10
Нагрузка второй половины дня преподавателя, усл.ч/год	400	200	70	400	70	100	150

Трудовой потенциал институтов, характеризуемый трудоемкостью полученных ими результатов научной деятельности (столбцы 2–8), и комплексный показатель эффективности институтов, рассчитанный с его учетом (столбец 12), приведены в табл. 22. Трудовой потенциал институтов показан в столбце 9 этой таблицы, в столбце 10 он пересчитан в относительную шкалу делением на суммарный трудовой потенциал всех институтов, а значения столбца 11 этой таблицы получены делением соответствующих элементов столбца 11 табл. 20 на соответствующие значения элементов столбца 10 табл. 22.

Таблица 22. Расчет трудового потенциала институтов и его учет при сравнительной оценке эффективности их научной деятельности

Инсти- тут	Вид научной деятельности в рассматриваемом году							Общая трудо- емкость, усл.ч/ год	Отно- ситель- ная трудо- емкость	Средне- взвешен- ный вклад инсти- тута	Место при сравни- тельной оценке
	Д	К	С	М	ПО	П	НИР				
И1	400	400	16 100	2800	700	100	10 950	31 450	0.230	1.103	3
И2	400	1400	9800	3600	1050	500	3900	20 650	0.151	1.411	1
И3	0	1600	17 500	4400	1050	600	3150	28 300	0.207	0.869	4
И4	800	600	16 100	3600	490	200	1650	23 440	0.171	1.244	2
И5	400	800	28 000	1600	350	100	1800	33 050	0.241	0.576	5
Всего	2000	4800	87 500	16 000	3640	1500	21 450	136 890	—	—	—

Как видим, более полный учет факторов, характеризующих эффективность деятельности институтов привел к изменению их сравнительной оценки (столбцы 10 и 12 табл. 20, столбец 12 табл. 22). Таким образом, рекомендуется использование именно такой, более полной, методики оценки сравнительной эффективности научной деятельности институтов с учетом общей стратегии вуза и численности научных коллективов.

П р и м е р 4 (оптимальное планирование результатов научной деятельности институтов). Рассмотрим возможность использования метода МУС для оптимального планирования научной деятельности институтов вуза на предстоящий год. В качестве трудового ресурса будем предполагать трудовой потенциал институтов, замеренный по результатам научной деятельности прошлого года. Под оптимальностью естественно полагать наиболее эффективное продвижение вуза в направлении стратегии его развития. Стратегия развития вуза характеризуется, как предложено в примере 3, различной сравнительной важностью тех или иных результатов научной деятельности (две последние строчки табл. 20). Последняя строчка этой таблицы задает как бы направляющий вектор оптимального продвижения вуза в семимерном пространстве, координатами которого являются различные виды научной деятельности. Для того чтобы придать естественный смысл перемещению по направлению этого вектора, необходимо нормировать реальные результаты планируемой деятельности вуза в некоторой объективно обоснованной относительной шкале. В качестве базы для такой шкалы можно применить или результаты научной деятельности вуза в прошлом году или целевой ориентир развития вуза на некоторый стратегический период.

Используем как наиболее отвечающий, по нашему мнению, современным требованиям, второй вариант. Под целевым ориентиром развития вуза будем понимать максимальные значения результатов научной деятельности, которые запланированы руководством вуза на некоторый обозримый, но достаточно длительный промежуток развития, например, на 5 лет. Этот целевой ориентир опирается на рекордные достижения вузов-лидеров, установки и перспективные плановые документы Минобрнауки России и других органов и т.п.

Поясним сказанное. В первой строке этой табл. 23 представлены результаты научной деятельности вуза в году, предшествующем планируемому году. Предположим, что, анализируя стратегию развития вуза и его возможности, учитывая требования времени и вышестоящих инстанций, руководство вуза установило на некоторый стратегический период развития целевые показатели, представленные во второй строке этой таблицы,

которые вуз стремится достичь на конец стратегического периода. Они являются нормирующими значениями для оценки ценности соответствующих научных результатов в любой момент оценки деятельности вуза. Относительные значения показаны в строках 5–7 табл. 23. Они получены делением строк 1–3 этой таблицы на строку 2. Тогда столбец 10, рассчитываемый как сумма произведений элементов столбцов 3–9 в соответствующих строках на элементы строки 4, показывает положение вуза на направляющем векторе его стратегии развития. Видно, что в прошлом году вуз находился на этом векторе на относительном расстоянии 0.673 от некоторой начальной точки, а по достижении результатов, запланированных на предстоящий год, окажется от этой точки на относительном расстоянии 0.715. Сам же целевой ориентир отстоит от начальной точки на расстоянии, равном одной относительной единице (собственно он и принят за эту единицу).

Таким образом, задача оптимального планирования состоит в разработке такого плана научной деятельности вуза, который при использовании его известного трудового потенциала максимально близко продвинет его в направлении стратегии развития. Для решения такой задачи оптимального планирования разработаем достаточно простую модель линейного программирования.

Обозначим через $i = \overline{1, n}$ номер института, $j = \overline{1, m}$ – номер вида результата научной деятельности, a_{ij} – j -й результат i -го института в предшествующем году, a_j – результат вуза по j -му виду научной деятельности в предшествующем году:

$$a_j = \sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad j = \overline{1, m},$$

где t_j – норматив трудоемкости j -го вида научной деятельности, k_{ij} – количественный эквивалент уровня мотивированности i -го института в выполнении j -го вида научной деятельности.

Таблица 23. К формированию оптимального плана развития вуза

Название?	Вид научной деятельности							Коэффициент успешности продвижения
	Д	К	С	М	ПО	П	НИР	
Результаты вуза прошлого года	5	24	1250	40	52	15	1430	—
Целевые ориентиры вуза	10	30	1500	50	80	35	2000	—
Запланированные результаты вуза	5	26	1149	44	57	16	1573	—
Количественные эквиваленты уровней важности отдельных видов результатов научной деятельности вуза с соответствием со стратегией его развития	0.255	0.071	0.071	0.255	0.02	0.071	0.255	—
Относительные результаты вуза в прошлом году к целевым ориентирам	0.500	0.867	0.766	0.80	0.713	0.457	0.787	0.673
Относительные результаты целевого ориентира	1	1	1	1	1	1	1	1.000
Относительные запланированные результаты вуза к целевым ориентирам	0.500	0.867	0.787	0.880	0.713	0.457	0.787	0.715

Тогда общая трудоемкость результатов i -го института в предшествующем году T_i составляет

$$T_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} t_{ij}, \quad i = \overline{1, n}.$$

Степень мотивированности выполняемых i -м институтом научных исследований определим как средневзвешенную трудоемкость их выполнения M_i

$$M_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} t_{ij} k_{ij}, \quad i = \overline{1, n}.$$

Соответствующие показатели для вуза в целом зададим через T и M :

$$T = \sum_{i=1}^n T_i,$$

$$M = \sum_{i=1}^n M_i.$$

Аналогичные переменные и показатели для планируемого года будем обозначать чертой над символом соответствующей переменной или показателя.

Тогда управляемыми переменными в обсуждаемой оптимизационной задаче линейного программирования будут целочисленные переменные:

$$\bar{a}_{ij}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}.$$

Их значения могут изменяться в определенных не очень широких относительных пределах, отклоняясь от соответствующих значений в предшествующем году:

$$a_{ij}(1 - \gg) \leq \bar{a}_{ij} \leq a_{ij}(1 + \gg), \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}. \quad (5.1)$$

Однако трудовой потенциал институтов, по условию задачи, из года в год должен оставаться неизменным, поэтому

$$\bar{T}_i = T_i, \quad i = \overline{1, n}.$$

Критерием оптимальности будет степень мотивируемости планируемых вузом работ:

$$\bar{M} \rightarrow \max.$$

Эта задача легко решается с использованием надстройки EXCEL "Поиск решения".

Проведем расчета по указанной модели без учета ограничений (5.1) (так называемый "Предельный вариант") для того, чтобы определить максимально возможную скорость приближения вуза к целевому ориентиру. Результаты показаны в табл. 24. Конечно, он не может быть реализован, так как предусматривает полный слом сложившейся в вузе структуры научной деятельности, когда любой член коллектива может в рамках, отведенных на это нормативных часов хоть защищать диссертацию, хоть писать статьи, хоть вести договорные работы с предприятиями. Однако он представляет интерес, поскольку показывает предельно возможную скорость движения вуза к целевым ориентирам:

$$(0.715 - 0.673) / (1 - 0.673) = 0.042 / 0.327 = 0.128,$$

т.е. примерно за год на 1/8 часть оставшегося пути до достижения целевого ориентира.

Таблица 24. Оптимальная структура планируемых результатов научной деятельности институтов вуза в "Предельном варианте"

Институт	Д	К	С	М	ПО	П	НИР	Трудовой потенциал институтов
И1	0	0	112	0	0	0	1569	31 450
И2	1	0	289	0	0	0	0	20 650

Окончание таблицы 24

Институт	Д	К	С	М	ПО	П	НИР	Трудовой потенциал институтов
ИЗ	0	0	404	0	0	0	0	28 300
И4	0	0	334	0	0	0	4	23 440
И5	4	26	42	44	57	16	0	33 050
Вуз в целом	5	26	1149	44	57	16	1573	136 890

Построим оптимальный годичный план научной деятельности вуза и его институтов, вернув предусмотренное в математической модели ограничение (5.1) на возможность изменения структуры деятельности коллективы по сравнению с предыдущим годом не более чем на некоторую относительную величину. Для примера в табл. 25 приведены результаты расчета оптимального плана научной деятельности при возможном отклонении в 15%. При этом из варьируемых моделью параметров исключены планируемые защиты диссертаций. Предполагается, что они заданы самими институтами на базе традиционного содержательного анализа своих возможностей. Такое исключение вызвано тем, что представленная выше математическая оптимизационная модель является весьма простой и служит лишь для пояснения основных идей использования метода МУС. Ясно, что при реальном воплощении методика оптимального планирования и соответствующая математическая модель будут значительно более совершенными.

В табл. 26 показано изменение показателя эффективности развития научной деятельности вуза при различном допустимом изменении структуры деятельности институтов.

Видно, что с изменением структуры деятельности институтов для ускоренного развития вуза достаточно быстро наступает насыщение, и потому незначительное ускорение продвижения к целевому ориентиру не искупает неизбежной напряженности в работе сотрудников и повышает возможность срыва плана. В рассматриваемом примере вполне достаточно менее чем 15%-ного изменения структуры деятельности институтов для того, чтобы добиться практически максимально быстрого развития вуза.

Таблица 25. Оптимальная структура планируемых результатов научной деятельности институтов вуза при допустимых изменениях в структуре научных результатов в пределах 15% сравнительно с прошлым годом

Люди / Критерий	Д	К	С	М	ПО	П	НИР	Коэффициент успешности продвижения вуза к целевому ориентиру	Коэффициент мотивированности труда коллектива
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
П1	0	3	202	8	11	1	839	—	0.668
П2	1	7	122	10	17	5	299		0.424
П3	2	7	239	12	17	6	185		0.820
П4	1	4	226	10	7	2	115		0.837
П5	2	5	388	4	5	1	135		0.946
По оптимальному плану с допустимым изменением структуры в 15%	6	26	1177	44	57	15	1573	0.740	0.759

П р и м е р 5 (оптимальное планирование результатов научной деятельности институтов и вуза с учетом общей удовлетворенности коллективов своим трудом). Удовлетворенность работника трудом — одно из ключевых понятий экономики труда. Под этим понимают психологическое и моральное удовлетворение, испытываемое человеком в процессе трудовой деятельности. Различают общую (работа в целом) и частичную удовлетворенность трудом (условия

Таблица 26. Оптимальная структура планируемых результатов научной деятельности вуза при различных допустимых изменениях в структуре научной деятельности институтов сравнительно с прошлым годом

Условия планирования	Д	К	С	М	ПО	П	НИР	Коэффициент успешности продвижения вуза к целевому ориентиру
Результаты прошлого года	5	24	1250	40	52	15	1430	0.673
Изменения в 5%	6	26	1220	40	52	15	1500	0.711
Изменения в 10%	6	26	1195	41	55	15	1573	0.725
Изменения в 15%	6	26	1177	44	57	15	1573	0.740
Изменения в 20%	6	26	1177	44	57	16	1573	0.742
Изменения в 25%	6	26	1177	44	57	16	1573	0.742

труда, оплата труда, возможности профессионального роста и др.). В настоящей статье мы будем рассматривать общую удовлетворенность, в дальнейшем этого не оговаривая.

Степень удовлетворенности научного работника различными видами научной деятельности (написание статей, подготовка диссертаций, изобретательская деятельность) невозможно выразить количественно, однако можно описать в терминах адекватной порядковой шкалы, например:

<1 – тружусь неохотно, 2 – успешно справляюсь, 3 – работаю с увлечением>.

Весьма полезно для планирования научной деятельности сотрудников вуза предложить им оценить по такой порядковой шкале степень своей удовлетворенности различными видами научной деятельности, а затем на этой основе сформировать спектр удовлетворенности трудом для коллективов, объединенных близким по профессиональной направленности научного направления видом деятельности. Индивидуальные особенности этого направления в сочетании с индивидуальными склонностями, особенностями подготовки и интересами каждого члена такого сравнительно небольшого коллектива во многом однородны и могут характеризоваться специфической структурой коллективной удовлетворенности различными видами научной деятельности.

В табл. 27 представлены средние предпочтения коллективов институтов к различным видам научной деятельности, оцененные в трехуровневой порядковой шкале:

<1 – тружусь неохотно, 2 – успешно справляюсь, 3 – работаю с увлечением>.

В табл. 28 они пересчитаны в их количественные эквиваленты с использованием МУС. В последнем столбце табл. 27 приведена структура возможностей, необходимая для определения количественных эквивалентов:

количество критериев = количество В1, количество критериев В2, количество критериев В3.

Таблица 27. Спектр удовлетворенности коллективов институтов вуза различными видами научной деятельности (1 – тружусь неохотно, 2 – успешно справляюсь, 3 – работаю с увлечением)

Институт	Вид научной деятельности							Структура возможностей
	Д	К	С	М	ПО	П	НИР	
1	2	3	4	5	6	7	8	
И1	1	1	2	2	2	1	3	7 = 3, 3, 1
И2	1	2	1	2	2	3	3	7 = 2, 3, 2
И3	1	3	3	2	2	1	2	7 = 2, 3, 2
И4	3	3	3	2	3	1	1	7 = 2, 1, 4
И5	1	3	3	3	2	1	1	7 = 3, 1, 3

Таблица 28. Количественные эквиваленты удовлетворенности различными видами научной деятельности институтов вуза

Институт	Вид научной деятельности						
	Д	К	С	М	ПО	П	НИР
И1	0.123	0.123	0.494	0.494	0.494	0.123	1
И2	0.107	0.375	0.107	0.375	0.375	1	1
И3	0.107	1	1	0.375	0.375	0.107	0.375
И4	1	1	1	0.298	1	0.147	0.147
И5	0.169	1	1	1	0.412	0.169	0.169

Однако, как уже указывалось, количественные эквиваленты порядковой шкалы нормированы условием, что их сумма должна равняться единице. Такая нормировка применяется, если порядковая шкала устанавливает сравнительную важность объектов, которые в совокупности выполняют некоторую общую функцию, и каждый уровень шкалы указывает на соответствующий ему вклад объекта в выполнение этой общей функции. Применительно же к количественной оценке степени удовлетворенности трудом требуется использовать иной вид нормировки, при котором за единицу принимается количественный эквивалент высшего уровня порядковой шкалы, с ней сравниваются остальные шкалы, поэтому количественные эквиваленты других уровней отражает соответствующую долю единицы. Перейти от первого вида нормировки ко второму весьма просто: поделить значение количественного эквивалента в первом виде нормировки на значение количественного эквивалента, отвечающего при первом виде нормировки наибольшему уровню порядковой шкалы. Результаты такого пересчета показаны в табл. 28.

На основе столбцов 2–8 табл. 22 и 28 легко рассчитать данные, приведенные в столбцах 9 и 10 табл. 29, а именно степень удовлетворенности коллективов институтов и вуза в целом выполненными научными исследованиями в течение прошлого года. Столбец 2 табл. 29 дублирует столбец 9 табл. 22, т.е. трудовой потенциал институтов и вуза в целом при выполнении научных исследований прошлого года (он же, по условию задачи, сохраняется и в планируемом году). Столбец 3 табл. 29 представляет собой сумму произведений времени, затраченного на выполнение НИР по определенному направлению на соответствующий коэффициент из табл. 28, отражающей степень мотивированности коллектива в выполнении НИР по этому направлению. В столбце 4 табл. 29 представлено отношение соответствующих чисел из столбцов 2 и 4, т.е. взвешенный с учетом удовлетворенности трудом человеческий потенциал институтов и вуза при рассмотренном выше оптимальном плане с ограничением на изменение структуры труда в пределах 15%. Этот же результат приведен в последнем столбце табл. 25, представляющей собой разработанный оптимальный план научной деятельности вуза.

Таблица 29. Расчет трудового потенциала институтов и его учет при сравнительной оценке эффективности их научной деятельности

Институт	Трудовой потенциал, суммарная трудоемкость, усл.ч/год	Трудовой потенциал, взвешенный с учетом удовлетворенности трудом коллективов институтов и вуза	Коэффициент мотивированности труда коллективов институтов и вуза при оптимальном плане с ограничением 15%
1	2	3	4
И1	31 450	20 749	0.668
И2	20 650	7758	0.424
И3	28 300	22 386	0.820
И4	23 440	19 335	0.837
И5	33 050	30 932	0.946
Вуз в целом	136 890	101 159	0.759

Для информации в конце статьи приводятся табл. 30, 31, в которых, согласно МУС, рассчитаны количественные эквиваленты групп сравнительной важности частных критериев при различном их распределении по двум и трем группам важности (В1 — обычная важность, В2 — значительная важность, В3 — наибольшая важность).

Таблица 30. Количественные эквиваленты групп сравнительной важности частных критериев при различном их распределении по двум группам важности (В1 — обычная важность, В2 — значительная важность)

Количество критериев	Распределение критериев по группам важности		Количественные эквиваленты групп важности критериев		Количество критериев	Распределение критериев по группам важности		Количественные эквиваленты групп важности критериев	
	В1	В2	В1	В2		В1	В2	В1	В2
2	1	1	0.250	0.750	8	1	7	0.016	0.141
3	1	2	0.111	0.444	8	2	6	0.025	0.158
3	2	1	0.194	0.611	8	3	5	0.032	0.181
4	1	3	0.063	0.313	8	4	4	0.042	0.208
4	2	2	0.104	0.396	8	5	3	0.057	0.239
4	3	1	0.160	0.521	8	6	2	0.075	0.275
5	1	4	0.040	0.240	8	7	1	0.098	0.315
5	2	3	0.065	0.290	9	1	8	0.012	0.123
5	3	2	0.093	0.360	9	2	7	0.019	0.137
5	4	1	0.138	0.450	9	3	6	0.025	0.154
6	1	5	0.028	0.194	9	4	5	0.032	0.174
6	2	4	0.044	0.228	9	5	4	0.042	0.198
6	3	3	0.061	0.272	9	6	3	0.055	0.224
6	4	2	0.086	0.328	9	7	2	0.071	0.253
6	5	1	0.121	0.394	9	8	1	0.089	0.285
7	1	6	0.020	0.163	10	1	9	0.010	0.110
7	2	5	0.032	0.187	10	2	8	0.016	0.121
7	3	4	0.043	0.218	10	3	7	0.020	0.134
7	4	3	0.059	0.255	10	4	6	0.025	0.150
7	5	2	0.080	0.299	10	5	5	0.032	0.168
7	6	1	0.108	0.350	10	6	4	0.041	0.188
					10	7	3	0.053	0.210
					10	8	2	0.066	0.234
					10	9	1	0.082	0.261

Таблица 31. Количественные эквиваленты групп сравнительной важности частных критериев при различном их распределении по трем группам важности (В1 — обычная важность, В2 — значительная важность, В3 — наибольшая важность)

Количество критериев	Распределение критериев по группам важности			Количественные эквиваленты групп важности критериев			Количество критериев	Распределение критериев по группам важности			Количественные эквиваленты групп важности критериев		
	В1	В2	В3	В1	В2	В3		В1	В2	В3	В1	В2	В3
3	1	1	1	0.111	0.278	0.611	9	7	1	1	0.071	0.221	0.285

Окончание таблицы 31

Количество критериев	Распределение критериев по группам важности			Количественные эквиваленты групп важности критериев			Количество критериев	Распределение критериев по группам важности			Количественные эквиваленты групп важности критериев		
4	2	1	1	0.104	0.271	0.521	9	6	2	1	0.055	0.193	0.285
4	1	2	1	0.063	0.208	0.521	9	5	3	1	0.042	0.168	0.285
4	1	1	2	0.063	0.146	0.396	9	4	4	1	0.032	0.147	0.285
5	3	1	1	0.093	0.27	0.45	9	3	5	1	0.025	0.128	0.285
5	2	2	1	0.065	0.21	0.45	9	2	6	1	0.019	0.113	0.285
5	1	3	1	0.04	0.17	0.45	9	1	7	1	0.012	0.1	0.285
5	2	1	2	0.065	0.15	0.36	9	6	1	2	0.055	0.165	0.253
5	1	2	2	0.04	0.12	0.36	9	5	2	2	0.042	0.142	0.253
5	1	1	3	0.04	0.09	0.29	9	4	3	2	0.032	0.122	0.253
6	4	1	1	0.086	0.261	0.394	9	3	4	2	0.025	0.105	0.253
6	3	2	1	0.061	0.211	0.394	9	2	5	2	0.019	0.091	0.253
6	2	3	1	0.044	0.172	0.394	9	1	6	2	0.012	0.08	0.253
6	1	4	1	0.028	0.144	0.394	9	5	1	3	0.042	0.119	0.224
6	3	1	2	0.061	0.161	0.328	9	4	2	3	0.032	0.1	0.224
6	2	2	2	0.044	0.128	0.328	9	3	3	3	0.025	0.085	0.224
6	1	3	2	0.028	0.106	0.328	9	2	4	3	0.019	0.073	0.224
6	2	1	3	0.044	0.094	0.272	9	1	5	3	0.012	0.063	0.224
6	1	2	3	0.028	0.078	0.272	9	4	1	4	0.032	0.082	0.198
6	1	1	4	0.028	0.061	0.228	9	3	2	4	0.025	0.068	0.198
7	5	1	1	0.08	0.248	0.35	9	2	3	4	0.019	0.057	0.198
7	4	2	1	0.059	0.207	0.35	9	1	4	4	0.012	0.049	0.198
7	3	3	1	0.043	0.173	0.35	9	3	1	5	0.025	0.054	0.174
7	2	4	1	0.032	0.146	0.35	9	2	2	5	0.019	0.045	0.174
7	1	5	1	0.02	0.126	0.35	9	1	3	5	0.012	0.039	0.174
7	4	1	2	0.059	0.167	0.299	9	2	1	6	0.019	0.035	0.154
7	3	2	2	0.043	0.136	0.299	9	1	2	6	0.012	0.031	0.154
7	2	3	2	0.032	0.112	0.299	9	1	1	7	0.012	0.026	0.137
7	1	4	2	0.02	0.095	0.299	10	8	1	1	0.066	0.208	0.261
7	3	1	3	0.043	0.105	0.255	10	7	2	1	0.053	0.184	0.261
7	2	2	3	0.032	0.085	0.255	10	6	3	1	0.041	0.163	0.261
7	1	3	3	0.02	0.071	0.255	10	5	4	1	0.032	0.144	0.261
7	2	1	4	0.032	0.065	0.218	10	4	5	1	0.025	0.128	0.261
7	1	2	4	0.02	0.054	0.218	10	3	6	1	0.02	0.113	0.261
7	1	1	5	0.02	0.044	0.187	10	2	7	1	0.016	0.101	0.261
8	6	1	1	0.075	0.234	0.315	10	1	8	1	0.01	0.091	0.261

Таким образом, рассмотрена процедура планирования научной деятельности вуза, при которой благодаря использованию МУС и традиционных методов математического моделирования и многокритериальной оптимизации гармонично учитываются стратегия развития и целевые ориентиры вуза в сочетании со сложившейся структурой и мотивационными предпочтениями научного коллектива. Это обеспечит высокую эффективность и реализуемость разработанного плана.

Заключение. Применение в сфере образования современных количественных методов подготовки и принятия решений, в частности с использованием метода МУС, допускающего оценку предпочтений в порядковых шкалах, откроет новые возможности в повышении эффективности важных научно-образовательных процессов и реализации передовых образовательных концепций, например [14, 15]. При отборе наиболее достойных абитуриентов для продолжения образования в высшей школе это расширит полномочия вузов, позволит более точно учесть индивидуальные особенности и предпочтения школьников и их родителей, даст им большую возможность сознательно развивать широкий спектр наиболее выраженных индивидуальных задатков детей, зная, что это разнообразие повысит их возможность поступления в предпочитаемый ими вуз. При использовании в рамках целостной системы выявления и многолетнего развития творчески одаренной молодежи в сфере науки и техники применение рассмотренного в статье подхода позволит создать объективный измеритель (творческий рейтинг) для всесторонней оценки степени творческого роста каждого молодого исследователя и создать на этой основе научно управляемую систему поддержки его развития. В организации научной деятельности вуза появится целостная система оптимального планирования деятельности его институтов, исходящая из целевых ориентиров и общей стратегии развития вуза и в то же время учитывающая специфические особенности общей удовлетворенности трудом коллектива каждого института.

Простота освоения и применения метода МУС неподготовленными пользователями будет способствовать его широкому применению для реализации описанных выше и еще более широких перспектив.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. ISBN 0-07-054371-2. McGraw-Hill, 1980.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
3. Саати Т. Об измерении неосознаваемого. Подход к относительным измерениям на основе главного собственного вектора матрицы парных сравнений // Cloud of Science. 2015. V. 2. No. 1. <http://cloudofscience.ru>
4. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2002. 392 с.
5. Малышев В.В., Пиявский С.А. Метод "уверенных суждений" при выборе многокритериальных решений // Изв. РАН. ТиСУ. 2015. № 5. С. 90—101.
6. Пиявский С.А., Малышев В.В. Новые методы принятия многокритериальных решений в цифровой среде. М.: Наука, 2022. 391 с.
7. Пиявский С.А. Как "нумеризовать" понятие "важнее" // Онтология проектирования. 2016. Т.6. № 4. С. 414—435.
8. Пиявский С.А. Формулы для вычисления универсальных коэффициентов при принятии многокритериальных решений // Онтологии проектирования. 2019. Т. 9. № 2. С. 282—298.
9. Пиявский С.А., Кирюков С.Р., Кузнецов А.С. Формирование творческих компетенций одаренной молодежи в телекоммуникационной развивающей научно-образовательной среде // Информатизация образования и науки. 2020. № 2 (46). С. 127—143.
10. Кекух О.Л. Организация творческой исследовательской деятельности учащихся как средство повышения качества образования (эл. Ресурс). URL: <https://nsportal.ru/shkola/rodnoy-yazyk-i-literatura/library/2012/10/31/organizatsiya-tvorcheskoy-issledovatel'skoy> (дата обращения: 23.06.2023).
11. Концепция Единой Самарской областной системы мер по выявлению и развитию творчески одаренной молодежи в сфере науки, техники и технологий и инновационному развитию Самарской области. URL: <https://samara.mgpru.ru/files/laboratorii/01/nauka/001.pdf>. (дата обращения: 23.06.2023).
12. Пиявский С.А. Исследовательская деятельность студентов в инновационном вузе: учебник Самара: СГАСУ. 2011. 198 с.
13. Рабочая концепция одаренности / Под ред. Д.Б. Богоявленской, В.Д. Шадрикова. М.: Магистр, 1998. 68 с.
14. Асмолов А.Г., Шехтер Е.Д., Черноризов А.М. Антропологический поворот: восхождение к сложности. Человек как открытая целостность. Новосибирск: Институт философии Российской академии наук, 2022. С. 33—53. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_50164637_44009225.pdf (дата обращения: 23.06.2023).
15. Берберян А.С., Корнилова О.А. Экзистенциально-гуманистическая психология как фундаментальное основание развития личности и позитивного мышления // Методология современной психологии. 2021. № 13. С. 39—50.